

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы физики
и исследований им. Ландау
А.В. Рогачев**

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Основы экспериментальных методов физики высоких энергий
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра физики высоких энергий
курс:	3
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 5 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: Ю.А. Хохлов, канд. физ.-мат. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры физики высоких энергий 24.05.2021

Аннотация

Вводный курс для студентов, начинающих специализацию в экспериментальной физике высоких энергий и физике частиц. Основой курса является феноменологическое рассмотрение процессов взаимодействия излучения и частиц преимущественно высоких энергий с веществом, с отсылкой к теоретическим основаниям их описания. Кратко рассматриваются принципы работы детекторов частиц. Для усвоения материала предложен набор задач.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Целью данной дисциплины является овладение основами экспериментальных методов, применяемых в исследованиях частиц высоких энергий. Рассматриваются процессы взаимодействия излучения с веществом, принципы работы детекторов частиц. Курс является вводным для студентов, специализирующихся в экспериментальной физике высоких энергий.

Задачи дисциплины

- формирование у обучающихся базовых знаний по экспериментальным методам физики высоких энергий;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для проведения экспериментальных исследований физики высоких энергий.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-3 Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	УК-3.1 Способен устанавливать разные виды коммуникации (учебную, научную, деловую, неформальную и др.)
	УК-3.2 Взаимодействует с другими членами команды для достижения поставленной задачи
УК-4 Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)	УК-4.1 Демонстрирует умение вести обмен деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и не менее чем на одном иностранном языке
	УК-4.2 Использует современные информационно-коммуникативные средства для коммуникации
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.2 Владеет на практике методологией составления научно-технических отчетов (проектов)
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научной, технической и (или) иной информации в области профессиональной деятельности	ОПК-4.2 Знает основные источники научно-технической и (или) технологической информации в области профессиональной деятельности

обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе, математические методы исследований, и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре	ОПК-5.3 Способен к профессиональной эксплуатации современной экспериментальной научно-исследовательской (измерительно-аналитической и технологической) аппаратуры
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.2 Имеет глубокое знание и понимание базовых математических дисциплин
	ПК-1.8 Владеет навыками работы с современными языками программирования и программными пакетами для научных расчетов
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.1 Владеет методами статистической обработки и анализа научных данных
	ПК-2.2 Умеет находить ключевые параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.2 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- содержание предмета курса “Основы экспериментальных методов физики высоких энергий”, соответствующую терминологию и понятийный аппарат, а также основные методы статистического анализа и существующие проблемы.

уметь:

- эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области физики высоких энергий.

владеть:

- современными методами экспериментальных исследований взаимодействия излучения с веществом;
- математическим и понятийным аппаратом;
- методами обработки экспериментальных данных.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост.

		лекции	семинары	лаборат. работы	работа
1	Ионизационные потери. Распределение ионизационных потерь. Черенковское излучение. Переходное излучение. Многократное рассеяние.	10			20
2	Тормозное излучение. Рождение электрон-позитронных пар. Электромагнитный каскад. Синхротронное излучение.	10			20
3	Взаимодействие низкоэнергичных g-квантов с веществом. Взаимодействие мюонов высоких энергий с веществом. Взаимодействие адронов с веществом.	10			20
Итого часов		30			60
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 5 (Осенний)

1. Ионизационные потери. Распределение ионизационных потерь. Черенковское излучение. Переходное излучение. Многократное рассеяние.

Лекция 1. Ионизационные потери

ИП как основной механизм детектирования частиц. Модель Ферми для ИП. Формула Бете-Блоха. Понятие МПР. Эффект плотности. Плато Ферми. Ограниченные потери.

Лекция 2. Распределение ионизационных потерь

Средние потери и их флуктуации. Спектр электронов отдачи. Распределения Ландау и Гаусса.

Лекция 3. Черенковское излучение.

ЧИ как интерференционный эффект. Пороговый характер ЧИ. Кинематическая интерпретация ЧИ. Характеристики ЧИ. ЧИ как часть ионизационных потерь. Идентификация частиц посредством регистрации ЧИ.

Лекция 4. Переходное излучение.

Оптическое и рентгеновское ПИ. ПИ от границы раздела сред. ПИ от фольги и щели. ПИ от регулярной структуры. Насыщение ПИ. Идентификация частиц посредством регистрации РПИ.

Лекция 5. Многократное рассеяние.

Однократное и многократное рассеяния. Понятие радиационной длины. Угловое распределение в рассеянии.

2. Тормозное излучение. Рождение электрон-позитронных пар. Электромагнитный каскад. Синхротронное излучение.

Лекция 6. Тормозное излучение.

ТИ в поле ядра. Длина экранировки. Критическая энергия. Рождение электрон-позитронных пар g-квантом в поле ядра. Формула Бете-Гайтлера для ТИ. Эффект ЛПМ.

Лекция 7. Рождение электрон-позитронных пар.

Пороговый характер рождения пар. Связь рождения пар с тормозным излучением. Формула Бете-Гайтлера для рождения пар.

Лекция 8. Электромагнитный каскад.

Модель каскада. Приближение Росси. Продольная форма каскада. Радиус Мольера.

Лекция 9. Синхротронное излучение.

Характеристики СИ. Пример коллайдера LEP.

3. Взаимодействие низкоэнергичных g-квантов с веществом. Взаимодействие мюонов высоких энергий с веществом. Взаимодействие адронов с веществом.

Лекция 10. Взаимодействие низкоэнергичных g-квантов с веществом.

Комптоновское рассеяние. Фотоэффект. Рэлееское рассеяние

Лекция 11. Взаимодействие мюонов высоких энергий с веществом.

Лекция 12. Взаимодействие адронов с веществом.

Общие характеристики взаимодействия: сечение, неупругость, множественность, поперечный импульс. Ядерный каскад.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, доска, при необходимости проектор, экран.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Экспериментальная ядерная физика [Текст] : в 2 кн. : [уч. для вузов] : рек. Ком. по высш. школе М-ва науки, высш. школы и техн. политики РФ. Кн. 1:Физика атомного ядра. Ч. 2 :Свойства нуклонов, ядер и радиоактивных излучений / К. Н. Мухин .— / 5-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергоатомиздат, 1993 .— 376 с.
2. Экспериментальная ядерная физика [Текст] : в 2 кн. : [уч. для вузов] : рек. Ком. по высш. школе М-ва науки, высш. школы и техн. политики РФ. Кн. 2. Физика элементарных частиц / К. Н. Мухин .— / 5-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергоатомиздат, 1993 .— 400 с.
3. Теоретическая физика [Текст] : в 10 т. Т. 8 : Электродинамика сплошных сред : учеб. пособие для ун-тов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц .— М. : Наука, 1992, 2001, 2003, 2005 .— 662 с.
4. Электродинамика высоких энергий в веществе [Текст]/А. И. Ахиезер, Н. Ф. Шувльга, -М., Наука, 1993
5. Ю.А.Будагов и др. Ионизационные измерения в физике высоких энергий. М.: Энергоатомиздат, 1988.

Дополнительная литература

1. Теоретическая физика и астрофизика. Дополнительные главы [Текст]/В. Л. Гинзбург, -М., Наука, 1987
2. Черенковское излучение и его применения [Текст] = Cerenkov radiation and its applications/Дж. Джелли , -М., Изд-во иностранной лит., 1960

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Не предусмотрено.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра физики высоких энергий
курс:	<u>3</u>
квалификация:	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 5 (осенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	Ю.А. Хохлов, канд. физ.-мат. наук, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-3 Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	УК-3.1 Способен устанавливать разные виды коммуникации (учебную, научную, деловую, неформальную и др.)
	УК-3.2 Взаимодействует с другими членами команды для достижения поставленной задачи
УК-4 Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)	УК-4.1 Демонстрирует умение вести обмен деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и не менее чем на одном иностранном языке
	УК-4.2 Использует современные информационно-коммуникативные средства для коммуникации
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.2 Владеет на практике методологией составления научно-технических отчетов (проектов)
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.2 Знает основные источники научно-технической и (или) технологической информации в области профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе, математические методы исследований, и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре	ОПК-5.3 Способен к профессиональной эксплуатации современной экспериментальной научно-исследовательской (измерительно-аналитической и технологической) аппаратуры
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.2 Имеет глубокое знание и понимание базовых математических дисциплин
	ПК-1.8 Владеет навыками работы с современными языками программирования и программными пакетами для научных расчетов
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.1 Владеет методами статистической обработки и анализа научных данных
	ПК-2.2 Умеет находить ключевые параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины

ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.2 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Основы экспериментальных методов физики высоких энергий» обучающийся должен:

знать:

- содержание предмета курса “Основы экспериментальных методов физики высоких энергий”, соответствующую терминологию и понятийный аппарат, а также основные методы статистического анализа и существующие проблемы.

уметь:

- эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области физики высоких энергий.

владеть:

- современными методами экспериментальных исследований взаимодействия излучения с веществом;
- математическим и понятийным аппаратом;
- методами обработки экспериментальных данных.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Перечень контрольных задач.

1. Найти максимально возможную передачу энергии при столкновении релятивистской частицы (масса M , импульс p) с покоящейся частицей массы m . В предположении $M \gg m$ рассмотреть предельные случаи а) $M \ll M_2/m$; б) $p \gg M_2/m$.
2. Оценить γ -фактор начала плато Ферми из-за эффекта плотности в Ag при н.у.
3. Найти среднее кол.-во δ -электронов с практическим пробегом >1.5 мм в слое 1 см Ag при н.у.
4. Найти предельную эффективность газового счетчика (Ag при н.у.) толщиной 1 мм при детектировании $m.i.p.$
5. Оценить снизу точность локализации трека, проходящего через анодную проволоку дрейфовой трубки, обусловленную статистикой кластеров. Трубка заполнена Ag при н.у.
6. Найти предельное относительное энергетическое разрешение при детектировании электронов с энергией 5.9 кэВ ионизационной камерой (Ag при н.у.). Фактор Фано = 0.25.
7. Найти пороговое давление для черенковского излучения пионом 28 ГэВ в воздухе (преломление в воздухе при н.у. $n_{\text{атм-1}} = 290 \cdot 10^{-6}$).
8. При каком импульсе p частиц определенной массы интенсивность черенк. излучения достигает 90% от (асимптотического) максимума, если их пороговый импульс в данном в.-ве $p_{\text{порог}}$? Считать частицы ультрарелятивистскими.
9. Исследуется реакция $(p_i^-, p) \rightarrow (p_i^0, n)$ при 40 ГэВ в длинной (50 см) жидководородной мишени. Продольная (вдоль пучка) координата точки взаимодействия измеряется по интенсивности черенковского излучения, регистрируемого в полосе 350 – 450 нм. Считая фотоприемник идеальным (100% эффективным), оценить точность измерения. Считать для LiqH $n = 1.112$. N.B. Статистика черенковских фотонов – пуассоновская.
10. Вычислить значение радиационной длины в свинце.
11. Найти граничную энергию гамма-квантов за счет ЛПМ-эффекта для 25-и-ГэВных электронов в свинце.
12. Оценить (в приближении Росси) количество электронов в максимуме ливня от 10- ГэВ-ного гамма-кванта в железе.
13. Вычислить сечение рождения пар в свинце гамма-квантами при 1 ГэВ
14. Край фотопоглощения K – серии в свинце составляет около 90 кэВ. Вычислить сечение фотоэффекта при энергии 200 кэВ.

15. Найти минимальную энергию гамма-квантов, регистрируемых по черенковскому излучению комптоновских электронов в воде ($n=1.41$).
16. Найти потерю энергии на излучение протоном 3.5 ТэВ за один оборот в кольце LHC (длина окружности 28 км).
17. Синхротрон НИЦ КИ Сибирь-2 с длиной орбиты 124 м ускоряет электроны до 2.5 ГэВ. Найти критическую энергию фотонов СИ а) от основного кольца (паразитное СИ) б) формируемого на поворотном магните с полем 1.7Т (выводной канал СИ).
- 18.* Импульс мюона измеряется по повороту его траектории при прохождении однородно намагниченного (поле 1.5 Т перпендикулярно к направлению падения) железного фильтра толщиной 2 м. С какой точностью будет измеряться импульс в такой установке? Считать, что трековые детекторы перед фильтром и после него имеют неограниченно хорошее угловое и координатное разрешение.
19. (к переходному излуч.) Найти групповую скорость электромагнитных волн в среде в «плазменном» приближении: $\epsilon = 1 - (\omega_p/\omega)^2$, $\omega > \omega_p$
20. Выполнить модельную оценку (по типу таб. из соотв. лекций) параметров радиатора переходного излучения на основе фольг из бериллия в области $\gamma = 104$. Оценить необходимую толщину детектирующей камеры на основе Хе при н.у. для эффективной регистрации.
21. Плоскопараллельный дрейфовый зазор в 1 см под напряжением 1 кВ заполнен CO₂ при н.у. Считая, что газ является «холодным» («тепловой предел», для CO₂ выполняется в широком диапазоне параметров), оценить снизу среднеквадратичный диффузионный разброс электронов, образованных вблизи катода.
22. Оценить световой выход типичного пластического сцинтиллятора при регистрации α – частицы с энергией 6 МэВ. Энергетическая эффективность сцинтиллятора к m.i.p. – 3%. Постоянная Биркса – 0.01 г / (МэВ · см²).
23. Найти напряжение смещения в кремниевом p⁺ n детекторе с концентрацией донорных атомов $3 \cdot 10^{11}$ /см³ для обеднения зоны 300 мкм при T=300 К
24. Найти максимально достижимую толщину обедненной зоны в кремниевом n + p детекторе с удельным сопротивлением $\rho_r = 104$ Ом*см. Пробивное значение поля 20 кВ/см.
25. Найти критическое натяжение анодной проволоки для МПК с параметрами: длина L=1 м, зазор анод-катод l= 4 мм, шаг проволок s=2 мм, их диаметр 2a = 20 мкм. Рабочее напряжение камеры V= 3 кВ.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Ионизационные потери
2. Модель Ферми для ИП.
3. Формула Бете-Блоха.
4. Эффект плотности.
5. Плато Ферми.
6. Ограниченные потери.
7. Распределение ионизационных потерь
8. Средние потери и их флуктуации.
9. Спектр электронов отдачи.
10. Распределения Ландау и Гаусса.
11. Черенковское излучение как интерференционный эффект.
12. Пороговый характер Черенковское излучение.
13. Кинематическая интерпретация Черенковское излучение.
14. Характеристики Черенковское излучение.
15. Идентификация частиц посредством регистрации Черенковское излучение.
16. Оптическое и рентгеновское переходное излучение.
17. Переходное излучение от границы раздела сред.
18. Переходное излучение от фольги и щели.
19. Переходное излучение от регулярной структуры.
20. Насыщение переходное излучение.
21. Идентификация частиц посредством регистрации РПИ.

22. Однократное и многократное рассеяния.
23. Понятие радиационной длины.
24. Угловое распределение в рассеянии.
25. Тормозное излучение в поле ядра.
26. Длина экранировки. Критическая энергия.
27. Рождение электрон-позитронных пар γ -квантом в поле ядра.
28. Формула Бете-Гайтлера для Тормозное излучение.
29. Пороговый характер рождения электрон-позитронных пар.
30. Связь рождения электрон-позитронных пар с тормозным излучением.
31. Формула Бете-Гайтлера для рождения электрон-позитронных пар.
32. Модель каскада. Приближение Росси.
33. Продольная форма каскада. Радиус Мольер.
34. Характеристики синхротронное излучение. Пример коллайдера LEP.
35. Комптоновское рассеяние. Фотоэффект. Рэлееское рассеяние
36. Взаимодействие мюонов высоких энергий с веществом.
37. Взаимодействие адронов с веществом.
38. Общие характеристики взаимодействия: сечение, неупругость, множественность, поперечный импульс.
39. Ядерный каскад.

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Дифференцированный зачет, по результатам которого проставляется оценка, проводится по билетам. В каждом билете представлено три теоретических вопроса. При проведении итогового испытания обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать одного астрономического часа.